

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE****CERTIFICATE OF MAILING**

Serial No.: TBA  
Applicant: Rudolf Neumann  
Filed: Herewith

Express Mail Label No. EV320046044US

I hereby certify under 37 CFR 1.10 that this correspondence and enumerated documents are being deposited with the United States Postal Service as "Express Mail Post Office to Addressee" with sufficient postage on the date indicated above and is addressed to the **MAIL STOP PATENT APPLICATION**, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Date:

January 13, 2004

Name:

Sarah Schlie

Signature:

  
Schulte Roth & Zabel LLP

Title: METHOD AND DEVICE TO CHECK THE BEARING GAP OF A  
HYDRODYNAMIC BEARING

Group Art Unit: TBA

Examiner: TBA

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

**SUBMISSION OF CERTIFIED GERMAN PRIORITY DOCUMENT**  
**UNDER 35 U.S.C. §119(b)**

Sir:

As required by 35 U.S.C. §119(b), Applicant claims priority to the following document:


German Application No. 103 01 429.2-51, filed January 13, 2003.

Enclosed herewith is a certified copy of the priority document.

Respectfully submitted,

Schulte Roth & Zabel LLP  
Attorneys for Applicant  
919 Third Avenue  
New York, NY 10017  
(212)756-2000

By



Anna Vishev, Esq.

Reg. No. 45,018

Dated: January 13, 2004  
New York, New York

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung



**Aktenzeichen:** 103 01 429.2

**Anmeldetag:** 13. Januar 2003

**Anmelder/Inhaber:** Minebea Co. Ltd., Tokio/JP

**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zur Prüfung des  
Lagerspalts eines hydrodynamischen Lagers

**IPC:** G 01 M, F 16 C



Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 22. Oktober 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Wehner

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

Anmelder: Minebea Co., Ltd.  
a Japanese Corporation  
18F Arco Tower  
1-8-1 Shimo-Meguro  
Meguro-ku  
Tokyo 153 0064 / Japan

5

## BESCHREIBUNG

### Verfahren und Vorrichtung zur Prüfung des Lagerspalts eines hydrodynamischen Lagers

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Prüfung des Lagerspalts zwischen einer Welle und einer Wellenaufnahme eines hydrodynamischen Lagers.

15

Hydrodynamische Lager werden beispielsweise zur Drehlagerung von Spindelmotoren für Festplattenlaufwerke eingesetzt. Solche Motoren weisen bei großer Robustheit und Schockresistenz eine hohe Laufruhe und Laufgenauigkeit auf. Es ist jedoch bei der Herstellung eines hydrodynamischen Lagers wichtig, daß für den Lagerspalt zwischen Welle und Wellenaufnahme sehr enge Toleranzen eingehalten werden. Da insbesondere die Spaltbreite für den Aufbau des hydrodynamischen Drucks in einem Schmiermittel in dem Lagerspalt und damit die Spaltbreite für die Funktionssicherheit des Lagers bzw. des Motors von entscheidender Bedeutung ist, ist es wichtig, vor der Endmontage des Lagers den Lagerspalt zu prüfen bzw. zu untersuchen.

20

25

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, mittels welchem bzw. welcher sich eine sichere Prüfung des Lagerspalts durchführen läßt.

- 5 Die Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß bei einem Lagerprüfling die Welle in der Wellenaufnahme in Funktionslage positioniert wird, daß dafür gesorgt wird, daß ein Meßfluid und daß ein oder mehrere den Fluiddurchfluß durch den Lagerspalt charakterisierende Parameter gemessen werden.

10

Durch die erfindungsgemäße Lösung läßt sich der mittlere hydraulische Durchmesser des Lagerspalts und insbesondere die Spaltbreite vor der Endmontage des hydrodynamischen Lagers ermitteln. Da die Welle in der Funktionslage in der Wellenaufnahme positioniert wird, werden damit auch die für die Funktionsfähigkeit des hydrodynamischen Lagers relevanten Lagerspaltparameter erfaßt, das heißt die für den Aufbau des hydrodynamischen Drucks relevanten Lagerparameter. Es wird also der Lagerprüfling in seiner funktionalen Montagekonstellation vor der Endmontage geprüft. Dadurch läßt sich eine sichere Charakterisierung und damit Klassifizierung des Lagerprüflings und damit auch des endmontierten Lagers vornehmen.

15

20

Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich auf einfache und schnelle Weise durchführen, so daß auch eine Vielzahl von Lagerprüflingen in kurzer Zeit zerstörungsfrei getestet werden können. Damit eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren insbesondere zur Klassifizierung von vormontierten Lagern, um diese beispielsweise in eine bestimmte Toleranzklasse einordnen zu können.

25

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

Die erfindungsgemäße Prüfung bzw. Untersuchung des Lagerspalts erfolgt dabei vor der Endmontage des hydrodynamischen Lagers, so daß das Meßfluid noch durch den Lagerspalt strömen kann. Insbesondere erfolgt die Prüfung bzw. Untersuchung vor Befüllung des Lagerspalts mit Schmiermittel. Wenn  
5 eine zu kleine Spaltbreite oder eine zu große Spaltbreite ermittelt wird, kann die Welle aus der Wellenaufnahme entfernt werden. Es lassen sich dann bei entsprechender Ausmessung passende Wellen in entsprechende Wellenaufnahmen einsetzen. Der Ausschußanteil läßt sich so stark reduzieren.

10 Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn als Medium für die Prüfung ein gasförmiges Meßfluid verwendet wird, wobei entsprechende Randbedingungen geschaffen werden, die eine erzwungene Durchströmung des Meßfluids durch den Lagerspalt bewirken. Dadurch lassen sich auch Lagerspalte mit sehr geringer Spaltbreite beispielsweise im  $\mu\text{m}$ -Bereich untersuchen und prüfen, wobei  
15 gute Genauigkeiten erreicht werden. Beispielsweise können bei typischen Spaltbreiten von 3  $\mu\text{m}$  noch Toleranzabweichungen im Bereich  $\pm 0,5 \mu\text{m}$  erfaßt werden.

Weiterhin ist es günstig, wenn der Lagerspalt in einer definierten Haupt-Strömungsrichtung vom Meßfluid durchströmt wird, welche im wesentlichen  
20 parallel zu einer Längsachse der Welle ist. Dadurch kann auf einfache Weise beispielsweise über Messung einer Druckdifferenz ein mittlerer hydraulischer Durchmesser und eine Breite des Lagerspalts ermittelt werden.

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

Es ist insbesondere vorteilhaft, wenn die Beaufschlagung des Prüflings mit Meßfluid derart erfolgt, daß sich bei der Durchströmung des Lagerspalts kein turbulenter Strömungszustand einstellt. Turbulente Strömung ist stets mit Druckverlusten verbunden, die entsprechend das Meßergebnis beeinflussen können. Wenn dafür gesorgt wird, daß sich eine quasistationäre laminare Strömung in dem Lagerspalt ausbildet, dann läßt sich auf einfache Weise insbesondere über eine Druckdifferenzmessung der Lagerspalt des ausgemessenen Lagerprüflings mit hoher Genauigkeit charakterisieren.

- 10 Der Lagerprüfling ist an beiden Enden der Wellenaufnahme offen, so daß sich eine erzwungene Durchströmung des Meßfluids einstellen kann, wobei das Meßfluid dann von einem Ende her in den Lagerprüfling eingekoppelt wird.

- 15 Grundsätzlich ist es möglich, den Volumenstrom zu messen, mit welchem der Lagerspalt von dem einem Ende des Lagerprüflings her zum anderen Ende hin durchströmt wird. Eine Messung mit hoher Genauigkeit läßt sich erreichen, wenn das Meßfluid unter einem bestimmten Ausgangs-Druck steht.

- 20 Ein Parameter, welcher den Fluiddurchfluß des Meßfluids durch den Lagerspalt bestimmt, ist der Differenzdruck zwischen einem definierten Ausgangsdruck und einem sich durch den Strömungswiderstand bei der Durchströmung des Lagerspalts einstellenden Druck.

- 25 Die Druckdifferenz zu dem Ausgangs-Druck ist dann ein Parameter, welcher den Fluiddurchfluß durch den Lagerspalt charakterisiert. Durch Messung dieser Druckdifferenz läßt sich somit der mittlere hydraulische Spaltdurchmesser bestimmen. Eine solche Differenzdruckmessung läßt sich auf einfache Weise

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

durchführen, wenn beispielsweise nach einem Druckminderer, welcher einen definierten Ausgangs-Druck erzeugt, ein Drucksensor angeordnet ist, welcher wiederum in fluidwirksamer Verbindung mit dem Beaufschlagungsbereich des Lagerspalts für das Meßfluid steht. Die Druckdifferenz bezüglich des Ausgangs-Drucks steht dann in direkter Relation zu dem Fluiddurchfluß durch den Lagerspalt.

Insbesondere ist dabei die Druckmessung einem Einkopplungsbereich des Meßfluids in das Lager bezogen auf die Strömungsrichtung des Meßfluids vorgeschaltet. So läßt sich auf einfache Weise eine genaue Druckmessung durchführen, wobei die Differenz zwischen Ausgangs-Druck und sich einstellendem Druck ein Maß für den Fluiddurchfluß durch den Lagerspalt ist.

Ein ausgemessener Lagerprüfling läßt sich gemäß dem Meßergebnis klassifizieren und insbesondere bezüglich der Fertigungstoleranzen in Klassen einordnen.

Insbesondere wird das für die Klassifizierung eines Lagers benutzte Meßergebnis erst nach Erreichen von quasistationären Bedingungen ermittelt, das heißt wenn sich stabile Strömungsverhältnisse in dem Spalt eingestellt haben, wenn sich also die Druckdifferenz, welche durch den Drucksensor ermittelbar ist, nicht mehr ändert.

Die eingangs genannte Aufgabe wird bei einer Vorrichtung zur Prüfung des Lagerspalts zwischen einer Welle und einer Wellenaufnahme eines Lagerprüflings für ein hydrodynamisches Lager ferner erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß eine Beaufschlagungseinrichtung zur Beaufschlagung des Lagerspalts mit

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

einem Meßfluid und eine Meßeinrichtung zur Messung mindestens eines Parameters, welcher den Fluiddurchfluß durch den Spalt charakterisiert, vorgesehen sind.

- 5 Diese Vorrichtung weist die bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erläuterten Vorteile auf.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen wurden ebenfalls bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung erläutert.

10

Insbesondere ist ein Druckminderer vorgesehen, mittels welchem ein definierter Ausgangs-Druck einstellbar ist. Dadurch lassen sich stabile und reproduzierbare Anfangsbedingungen einstellen, so daß durch eine Differenzdruckmessung auf einfache und schnelle Weise insbesondere der mittlere hydraulische Durchmesser des Spalts zwischen der Welle und der Wellenaufnahme

15 ermittelbar ist.

20

Eine Messung läßt sich auf einfache und schnelle Weise erreichen, wenn die Meßeinrichtung einen oder mehrere Drucksensoren umfaßt, wobei ein Drucksensor vorzugsweise dem Lagerprüfling vorgeschaltet ist. Wenn ein gasförmiges Meßfluid mit einem definierten Ausgangs-Druck dem Lagerspalt zugeführt wird, dann entsteht bei der Durchströmung des Spalts ein Druckverlust. Die Größe dieses Druckverlusts ist abhängig von dem hydraulischen Durchmesser des Lagerspalts. Über den mindestens einen Drucksensor läßt sich bezogen auf

25 den Ausgangs-Druck eine Druckdifferenz messen, wobei die Druckdifferenz gerade durch den hydraulischen Durchmesser des Lagerspalts bestimmt wird.



A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

Die Druckmessung läßt sich mit hoher Genauigkeit durchführen, so daß der mittlere hydraulische Durchmesser des Lagerspalts mit hoher Genauigkeit ermittelbar ist.

- 5 Eine Messung läßt sich auf einfache Weise durchführen, wenn die Beaufschlagungseinrichtung eine Zuführungseinrichtung umfaßt, über welche der Lagerspalt von einem Ende her mit dem Meßfluid beaufschlagbar ist, wobei mittels der Zuführungseinrichtung der Lagerspalt zum Außenraum hin abdichtbar ist. Über die Zuführungseinrichtung wird ein Einkopplungsbereich für das Meßfluid
- 10 in den Lagerspalt bereitgestellt, wobei dann die Zuführungseinrichtung dafür sorgt, daß kein Bypass entsteht, durch den Meßfluid entweichen kann, so daß eine Druckänderung bezogen auf den Ausgangs-Druck des Meßfluids allein durch den Strömungswiderstand beim Fluiddurchfluß durch den Lagerspalt hervorgerufen wird. Auf diese Weise läßt sich dann eine einfache und genaue
- 15 Messung des hydraulischen Spaltdurchmessers über die Durchströmung des Meßfluids durch den Lagerspalt erreichen.

- Vorteilhafterweise ist eine Haltevorrichtung zur Positionierung der Welle in der Wellenaufnahme in Funktionslage vorgesehen. Die Funktionslage ist eine Lage,
- 20 welche die Welle in dem endmontierten Lager einnimmt. Deshalb ist es zweckmäßig, den Lagerprüfling auch in diesem Zustand zu prüfen. Durch die Haltevorrichtung wird sichergestellt, daß insbesondere durch die Beaufschlagung des Lagerprüflings mit Meßfluid die Welle nicht aus ihrer Funktionslage verschoben wird.

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

Da das Meßfluid in Richtung der Durchströmungsrichtung eine Kraft auf die Welle ausübt, ist bei einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Haltevorrichtung ein Anlageelement vorgesehen, mittels welchem die Bewegung der Welle in Durchströmungsrichtung sperrbar ist. Die Welle liegt an dem Anlageelement zumindest während der Durchströmung des Meßfluids durch den Lagerspalt an. Damit ist die Welle zumindest während der Durchströmung des Meßfluids in einer definierten Lage auch bezüglich einer Längsposition fixiert.

Bei einer alternativen Ausführungsform umfaßt die Haltevorrichtung eine Kraftbeaufschlagungseinrichtung, mittels welcher eine Kraft auf die Welle entgegen der Durchströmungsrichtung des Meßfluids ausübbar ist. Durch die Kraftbeaufschlagungseinrichtung läßt sich die Welle gegen eine Anlagefläche der Wellenaufnahme drücken und dabei insbesondere eine Druckscheibe der Welle gegen diese Anlagefläche drücken. Über die Kraftbeaufschlagungseinrichtung ist dabei eine Kraft ausübbar, welche größer ist als die Abhebekraft des Meßfluids auf die Welle in Durchströmungsrichtung. Eine solche Haltevorrichtung läßt sich dann vorteilhafterweise einsetzen, wenn eine Druckscheibe der Welle mit Rezirkulationsbohrungen für Schmiermittel versehen ist. Über solche Rezirkulationsbohrungen kann dann Meßfluid den Lagerprüfling durchströmen.

Die nachfolgende Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform dient im Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung der Erfindung. Es zeigen:

Figur 1 eine Blockbilddarstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

Figur 2 eine schematische Schnittansicht eines hydrodynamischen Lagers vor der Endmontage, welches an die erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß Figur 1 gekoppelt ist, wobei eine Welle in Funktionslage in einer Wellenaufnahme positioniert ist;

5



Figur 3 eine Teilansicht eines ersten Ausführungsbeispiels einer Haltevorrichtung;

10 Figur 4 ein zweites Ausführungsbeispiel einer Haltevorrichtung in Teilansicht, und

Figur 5 eine Schnittansicht des hydrodynamischen Lagerprüflings gemäß Figur 4.

15



Ein hydrodynamisches Lager, welches in Figur 2 schematisch als Lagerprüfling in einem Zustand vor der Endmontage dargestellt und dort als Ganzes mit 10 bezeichnet ist, umfaßt eine Wellenaufnahme 12, in welcher eine Welle 14 drehbeweglich angeordnet ist. Die Welle 14 erstreckt sich dabei in einer Längsrichtung 16.

An einem Ende der Welle 14 sitzt eine Druckscheibe 15, deren Außendurchmesser größer ist als der Durchmesser der Welle 14. Die Wellenaufnahme 12 weist einen ersten zylindrischen Aufnahmebereich 17 auf, in welchem ein Teilabschnitt der Welle 14 positioniert ist und zusammen mit dem korrespondierenden Teilabschnitt der Wellenaufnahme 12 ein Radiallager bildet. An diesen

25

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

ersten Aufnahmebereich 17 schließt sich ein zweiter zylindrischer Aufnahmebereich 19 an, in welchem die Druckscheibe 15 positionierbar ist.

5 Das hydrodynamische Lager wird bei der Endmontage mit einem Widerlager versehen (in der Zeichnung nicht gezeigt), welches die Wellenaufnahme 12 an einem Ende verschließt. Bei der in Figur 2 gezeigten Ausführungsform ist eine zylindrische Ausnehmung 21 vorgesehen, welche auf den zweiten Aufnahmebereich 19 der Wellenaufnahme 12 folgt und in den das Widerlager einsetzbar ist.

10 Zwischen der Wellenaufnahme 12 und der Welle 14 ist bei eingesetzter Welle 14 ein im Querschnitt im wesentlichen ringförmiger Lagerspalt 18 gebildet. Eine typische Spaltbreite für hydrodynamische Lager, welche beispielsweise zur Drehlagerung von Kleinmotoren für Festplattenlaufwerke verwendet werden, liegt bei ca. 3  $\mu\text{m}$ , wobei Toleranzen in der Größenordnung  $\pm 0,5 \mu\text{m}$  erlaubt sind. Bei einem fertiggestellten Lager ist in den Lagerspalt 18 ein Schmiermittel eingebracht.

20 Die Klassifizierung eines hydrodynamischen Lagers vor der Endmontage kann aufgrund dieser kleinen Toleranzen nur bei in der Wellenaufnahme 12 in Funktionslage eingesetzter Welle 14 erfolgen, da die Reibungsverluste im Lagerspalt 18 innerhalb des Schmiermittels maßgeblich durch die Spaltausbildung und insbesondere die Spaltbreite bestimmt sind.

25 Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, daß zur Prüfung (Untersuchung) und Klassifizierung eines solchen Lagers der Lagerprüfling 10 mit in Funktionslage

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

in der Wellenaufnahme 12 positionierten Welle 14 mit einem gasförmigen Meßfluid wie Luft beaufschlagt wird und die strömungsbedingten Fluiddurchflußparameter durch den Lagerspalt 18 des Lagerprüflings 10 ermittelt werden. Diese Untersuchung erfolgt vor Endmontage des Lagers und insbesondere vor Montage des Widerlagers und Einbringen von Schmiermittel in den Lagerspalt 18.

Dazu ist, wie in Figur 1 gezeigt, eine als Ganzes mit 20 bezeichnete Beaufschlagungseinrichtung zur Beaufschlagung des Lagerprüflings 10 mit gasförmigem Meßfluid vorgesehen. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel umfaßt die Beaufschlagungseinrichtung einen Druckminderer 22, über welchen ein definierter Ausgangs-Druck des gasförmigen Meßfluids, welches dann durch den Lagerspalt 18 strömt, einstellbar ist; ein Ausgang 24 des Druckminderers 22 ist fluidwirksam mit dem Lagerspalt 18 verbunden, so daß diesem ein Meßgasstrom mit definiertem Ausgangs-Druck, welcher eben durch den Druckminderer 22 eingestellt ist, zuführbar ist. Beispielsweise ist bei Luft als Meßfluid ein typischer Druckbereich für den Ausgangs-Druck 2 bar bis 3 bar.

Dem Druckminderer 22 ist ein Filter/Wasserabscheider 26 vorgeschaltet, mit dem sich Verunreinigungen aus dem Meßfluid ausfiltern lassen. Bei der Verwendung von Luft als Meßfluid läßt sich auch Wasser abscheiden, so daß zur Prüfung des Lagerprüflings 10 im wesentlichen gereinigte trockene Luft als Meßfluid verwendbar ist.

Über ein steuerbares Ventil 28 läßt sich die Beaufschlagungseinrichtung 20 fluidwirksam an eine Quelle 30 für das Meßfluid ankoppeln bzw. abkoppeln. Bei

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Ventil 28 ein hebelbetätigtes 2/2-Ventil.

5 Bei der Verwendung von Luft als Meßfluid kann die Quelle 30 beispielsweise die Umgebungsluft sein, wobei ein Luftverdichter die Luft einsaugt und der Beaufschlagungseinrichtung 20 bereitstellt bzw. zuführt.

10 Das Meßfluid wird, wie in Figur 2 gezeigt, über eine Zuführungseinrichtung 32 in den Lagerspalt 18 des Lagerprüflings 10 eingespeist. Dazu ist der Lagerprüfling 10 an beiden Enden 34, 36 der Wellenaufnahme 12 offen, so daß das Meßfluid vom einen Ende 34 her durch den Lagerspalt 18 zum anderen Ende 36 strömen kann. Die Zuführungseinrichtung 32 ist an das Ende 34 gekoppelt. Die Druckscheibe 15 sitzt im Bereich des anderen Endes 36, wobei das Widerlager eben zur Durchströmbarkeit des Lagerspalts 18 nicht eingesetzt ist.

15 Die Zuführungseinrichtung 32 ist mit einer Haube 38 versehen, welche auf das Ende 34 des Lagerprüflings 10 aufsetzbar ist. Zwischen einer Stirnseite 40 der Haube 38 und der Wellenaufnahme 12 ist dabei eine Dichtung 42 beispielsweise in der Form eines O-Rings angeordnet. Diese Dichtung 42 umgibt den Lagerspalt 18 und sorgt dafür, daß das Meßfluid aus der Zuführungseinrichtung 32 nur durch den Lagerspalt 18 hindurch abströmen kann. Die Dichtung 42 ist insbesondere an der Stirnseite 40 der Haube 38 angeordnet, so daß bei Aufsetzen der Haube 38 auf die Wellenaufnahme 12 die entsprechende Abdichtung sichergestellt ist.

25 Ein Eingang 44 der Zuführungseinrichtung 32 steht in fluidwirksamer Verbindung mit dem Ausgang 24 des Druckminderers 22, so daß das Meßfluid der

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

Zuführungseinrichtung 32 mit einem definierten Ausgangs-Druck bereitgestellt werden kann.

5 Durch Messung von einem oder mehreren Parametern, welche den Fluiddurch-  
fluß des Meßfluids durch den Lagerspalt 18 charakterisieren, läßt sich der  
Lagerspalt 18 selber charakterisieren, da die engste Stelle des durchströmten  
Systems die Durchflußparameter bestimmt. Beispielsweise läßt sich das  
hydraulische Volumen des Lagerspalts 18 ermitteln. Da das Gesamtmaß der  
Wellenaufnahme 12 in der Längsrichtung 16 der Welle 14 mit hoher Genauig-  
10 keit bekannt ist, läßt sich aus dem hydraulischen Volumen ein mittlerer  
hydraulischer Durchmesser des Lagerspalts 18 bestimmen und so wiederum  
die Spaltbreite ermitteln. Es läßt sich dann auf einfache Weise feststellen, ob  
der geprüfte Lagerprüfling 10 die vorgegebenen Fertigungstoleranzen einhält  
oder nicht bzw. es läßt sich eine Klassifizierung eines endmontierten hydro-  
15 dynamischen Lagers bezüglich der Fertigungsqualität durchführen.

Grundsätzlich ist es möglich, die Durchflußmenge des Meßfluids durch den  
Lagerspalt 18 zu ermitteln.

20 Bei der in den Figuren gezeigten Ausführungsform ist es vorgesehen, den  
Druckverlust des Meßfluids aufgrund des Durchflusses durch den Spalt 18 zu  
messen. Dazu stellt der Druckminderer 22 einen definierten Ausgangs-Druck  
bereit.

25 Dem Druckminderer 22 ist in einer Meßeinrichtung 45 ein Drucksensor 46  
nachgeschaltet und dem Lagerprüfling 10 vorgeschaltet, welcher den an der

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

Zuführungseinrichtung 32 anstehenden Druck mißt. Dieser Druck ist aufgrund des Strömungswiderstands bei der Durchströmung des Meßfluids durch den Lagerspalt 10 gegenüber dem Ausgangs-Druck des Druckminderers 22 reduziert, wobei bei einer Ausführungsform, bei welcher der definierte Ausgangs-  
5 Druck in der Größenordnung von 2 bis 3 bar liegt, die typische Druckdifferenz (Druckerniedrigung) in der Größenordnung zwischen 0,7 bar bis 1,4 bar liegt.

Das Meßergebnis, also die Druckdifferenz, welche den Lagerprüfling 10 charakterisiert, wird an einer Anzeigeeinrichtung 48 angezeigt.

10

Der Drucksensor 46 kann dabei auch in Verbindung stehen mit einer Steuerungseinrichtung, welche den Herstellungsprozeß von hydrodynamischen Lagern steuert und dazu beispielsweise für jedes einzelne Lager die Herstellungsschritte überwacht und protokolliert. So kann beispielsweise das Meß-  
15 gebnis direkt dazu benutzt werden, dem ausgemessenen Lagerprüfling 10 eine Kennzeichnung zuzuordnen und diese Kennzeichnung zu speichern, welche den gemessenen mittleren hydraulischen Durchmesser des Lagerspalts 18 des Prüflings 10 charakterisiert.

20 Der Drucksensor 46 umfaßt beispielsweise einen pneumatisch-elektrischen Piezo-Wandler, durch welchen der anstehende Druck in ein elektrisches Signal gewandelt wird, welches dann beispielsweise an der Anzeigeeinrichtung 48 ablesbar ist.

25 Zum Halten der Welle 14 in der Wellenaufnahme 12 in der Funktionslage ist eine als Ganzes mit 50 bezeichnete Haltevorrichtung vorgesehen (Figuren 3 und 4). Durch die Beaufschlagung des Meßfluids wird auf die Welle 14 eine



A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

Kraft ausgeübt, welche dazu tendiert, die Welle aus der Wellenaufnahme 12 zu bewegen. Die Haltevorrichtung 50 dient dazu, die Welle 14 in der Funktionslage in der Wellenaufnahme 12 zu halten.

5 Bei einer ersten Ausführungsform, welche in Figur 3 schematisch gezeigt ist, umfaßt die Haltevorrichtung 50 ein Anlageelement 52, welches an der Welle am Ende 36 anliegt und damit die Verschiebung der Welle 14 auf das Anlageelement 52 zu sperrt, sobald die Welle 14 anliegt. Das Anlageelement 52 ist dabei so positioniert, daß zwischen der Druckscheibe 15 und einer ringförmigen Querfläche 54, welche den zweiten Aufnahmebereich 19 begrenzt, ein ringförmiger Spalt 56 als Teil des Lagerspalts 18 gebildet ist. Das Meßfluid wird dann in seiner Strömungsrichtung, welche in demjenigen Teil des Lagerspalts 18, welcher im ersten Aufnahmebereich 17 liegt, im wesentlichen parallel zur Längsrichtung 16 ist, quer umgelenkt, um in den Spalt 56 zwischen einem dem Ende 34 zugewandten Stirnbereich der Druckscheibe 15 und dem zweiten Aufnahmebereich 19 zu strömen. Am äußeren Ende des Spaltes 56 wird dann das Meßfluid nochmals umgelenkt, um zwischen einer Außenseite der Druckscheibe 15 und der Wellenaufnahme 12 wiederum im wesentlichen parallel zu der Längsrichtung 16 zum Ende 36 hin zu strömen.

20 Eine zweite Ausführungsform einer Haltevorrichtung, welche in den Figuren 4 und 5 schematisch gezeigt ist, ist insbesondere verwendbar, wenn die Druckscheibe 15 mit Rezirkulationsbohrungen 58 für Schmiermittel versehen ist. Eine solche Rezirkulationsbohrung 58 verbindet dabei den Lagerspalt 18 mit der Ausnehmung 21 für das Widerlager.

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

Die Haltevorrichtung 50 gemäß diesem Ausführungsbeispiel umfaßt eine Kraftbeaufschlagungseinrichtung 60, mittels welcher die Welle 14 auf die Quersfläche 54 des zweiten Aufnahmebereichs 19 drückbar ist. Durch die Kraftbeaufschlagungseinrichtung 60 ist somit eine Kraft in Gegenrichtung zu der Durchströmungsrichtung des Meßfluids durch den Lagerspalt 18 ausübbar. Beispielsweise umfaßt dazu die Kraftbeaufschlagungseinrichtung 60 ein elastisches Element 62 wie eine Kompressionsfeder, um für die entsprechende Kraftwirkung sorgen zu können.

- 10 Nach Durchströmung des Lagerspalts 18 durchströmt das Meßfluid die Rezirkulationsbohrungen 58 in der Druckscheibe 15.

Das erfindungsgemäße Verfahren funktioniert wie folgt:

- 15 Der Lagerspalt 18 wird mit gasförmigem Meßfluid wie beispielsweise Luft unter einem definierten, durch den Druckminderer 22 vorgegebenen Ausgangs-Druck  $p_0$  beaufschlagt. Aufgrund des Strömungswiderstands bei Durchströmung des Lagerspalts 18 entsteht dann, bezogen auf den Ausgangs-Druck ein Druckverlust, so daß sich in der Zuführungseinrichtung 32 ein geringerer Druck  $p_1$  einstellt, wobei die Größe der Druckdifferenz  $\Delta p = p_0 - p_1$  charakteristisch ist für den mittleren hydraulischen Durchmesser des Lagerspalts 18.

- 25 Es läßt sich dann durch Ermittlung der Druckdifferenz  $\Delta p$  der Lagerspalt 18 des gemessenen Prüflings 10 und damit der Lagerprüfling 10 oder das endmontierte hydrodynamische Lager selbst charakterisieren und klassifizieren.

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

Die Messung zur Charakterisierung des Prüflings 10 erfolgt vorzugsweise erst dann, wenn quasistationäre Bedingungen herrschen, das heißt bei fest vorgegebenem Ausgangs-Druck durch den Druckminderer 22 wird erst gemessen, wenn der Drucksensor 46 einen im Rahmen der Meßgenauigkeit stabilen Wert anzeigt.





Die Verhältnisse der Fluidbeaufschlagung, das heißt die Ausgangsparameter, sind dabei vorzugsweise so gewählt, daß sich bei der Durchströmung des Lagerspalts 18 von dem einen Ende 34 her in Richtung auf das andere Ende 36 hin keine turbulente Strömung ausbildet und damit auch keine durch turbulente Strömung verursachten Druckverluste, sondern eine quasistationäre laminare Strömung.

Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung und durch das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich ein hydrodynamisches Lager auch mit sehr kleinen Lager-spaltbreiten in der Größenordnung von wenigen  $\mu\text{m}$  auf einfache und schnelle Weise charakterisieren. Insbesondere lassen sich Prüflinge, bei denen die Welle 14 in der Wellenaufnahme 12 in Funktionslage positioniert ist, so prüfen.



A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

## PATENTANSPRÜCHE

- 
1. Verfahren zur Prüfung des Lagerspalts zwischen einer Welle und einer Wellenaufnahme eines hydrodynamischen Lagers,  
**dadurch gekennzeichnet, daß** bei einem Lagerprüfling die Welle in der Wellenaufnahme in Funktionslage positioniert wird, daß dafür gesorgt wird, daß ein Meßfluid den Lagerspalt durchströmt und daß ein oder mehrere den Fluiddurchfluß durch den Lagerspalt charakterisierende Parameter gemessen werden.
  2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Untersuchung vor Endmontage des hydrodynamischen Lagers durchgeführt wird.
  -  3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Untersuchung vor Einbringung von Schmiermittel in den Lagerspalt durchgeführt wird.
  4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein gasförmiges Meßfluid eingesetzt wird.
  5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Lagerspalt durch das Meßfluid in einer Strömungsrichtung durchströmt wird, welche im wesentlichen parallel zu einer Längsachse der Welle ist.

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beaufschlagung mit Meßfluid derart erfolgt, daß sich bei der Durchströmung des Lagerpalts ein nicht-turbulenter Strömungszustand einstellt.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Lagerprüfling an beiden Enden der Wellenaufnahme für den Fluiddurchfluß offen ist.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßfluid von einem Ende her durch den Lagerprüfling strömt.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Lagerprüfling mit einem Meßfluid beaufschlagt wird, welches unter einem bestimmten Ausgangs-Druck steht.
10. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckdifferenz bezüglich des Ausgangs-Drucks als den Fluiddurchfluß charakterisierender Parameter gemessen wird.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckmessung einem Einkopplungsbereich des Meßfluids in den Lagerprüfling bezogen auf die Durchströmungsrichtung des Meßfluids vorgeschaltet wird.

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Welle in der Funktionslage bezogen auf die Strömungsrichtung der Durchströmung fixiert wird.
13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an die Welle ein Anlageelement angelegt wird, welches die Bewegung der Welle in Durchströmungsrichtung sperrt.
14. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kraft auf die Welle entgegen der Durchströmungsrichtung ausgeübt wird, welche größer ist als eine Abhebekraft des Meßfluids auf die Welle.
15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein geprüfter Lagerprüfling gemäß dem Meßergebnis klassifiziert wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß ein für die Klassifizierung des Lagerprüflings benutztes Meßergebnis nach Erreichen von quasistationären Bedingungen ermittelt wird.
17. Vorrichtung zur Prüfung des Lagerspalts (18) zwischen einer Welle (14) und einer Wellenaufnahme (12) eines Lagerprüflings (10) eines hydrodynamischen Lagers, umfassend eine Beaufschlagungseinrichtung (20) zur Beaufschlagung des Lagerspalts (18) mit einem Meßfluid und eine Meßeinrichtung (45) zur Messung mindestens eines Parameters, welcher den Fluiddurchfluß durch den Lagerspalt (18) charakterisiert.

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein Druckminderer (22) vorgesehen ist, mittels welchem der Lagerprüfling (10) mit dem Meßfluid unter einem definierten Ausgangs-Druck beaufschlagbar ist.
19. Vorrichtung nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung (45) mindestens einen Drucksensor (46) umfaßt.
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß ein Drucksensor (46) dem Lagerprüfling (10) vorgeschaltet ist.
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß durch den oder die Drucksensoren der Differenzdruck zwischen einem Ausgangsdruck und einem sich durch die Durchströmung des Lagerspalts (18) in dem Meßfluid einstellenden Druck meßbar ist.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Beaufschlagungseinrichtung (20) eine Zuführungseinrichtung (32) umfaßt, über welche der Lagerspalt (18) von einem Ende (34) her mit dem Meßfluid beaufschlagbar ist, wobei mittels der Zuführungseinrichtung (32) der Spalt (18) zum Außenraum hin abdichtbar ist.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß eine Haltevorrichtung (50) zur Positionierung der Welle (14) in einer Funktionslage in der Wellenaufnahme (12) vorgesehen ist.

A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Haltevorrichtung (50) ein Anlageelement (52) aufweist, mittels welchem die Bewegung der Welle (14) in Durchströmungsrichtung des Meßfluids sperrbar ist.
25. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Haltevorrichtung (50) eine Kraftbeaufschlagungseinrichtung (60) umfaßt, mittels welcher auf die Welle (14) entgegen der Durchströmungsrichtung des Meßfluids eine Kraft ausübbar ist.



A 57 100 t  
13. Januar 2003  
t-280/201

## **ZUSAMMENFASSUNG**

Um ein Verfahren zur Prüfung des Lagerspalts zwischen einer Welle und einer Wellenaufnahme eines hydrodynamischen Lagers bereitzustellen, mittels welchem sich eine sichere Prüfung des Lagerspalts durchführen läßt, wird vorgeschlagen, daß bei einem Lagerprüfling die Welle in der Wellenaufnahme in Funktionslage positioniert wird, daß dafür gesorgt wird, daß ein Meßfluid den Lagerspalt durchströmt und daß ein oder mehrere den Fluiddurchfluß durch den Lagerspalt charakterisierende Parameter gemessen werden.

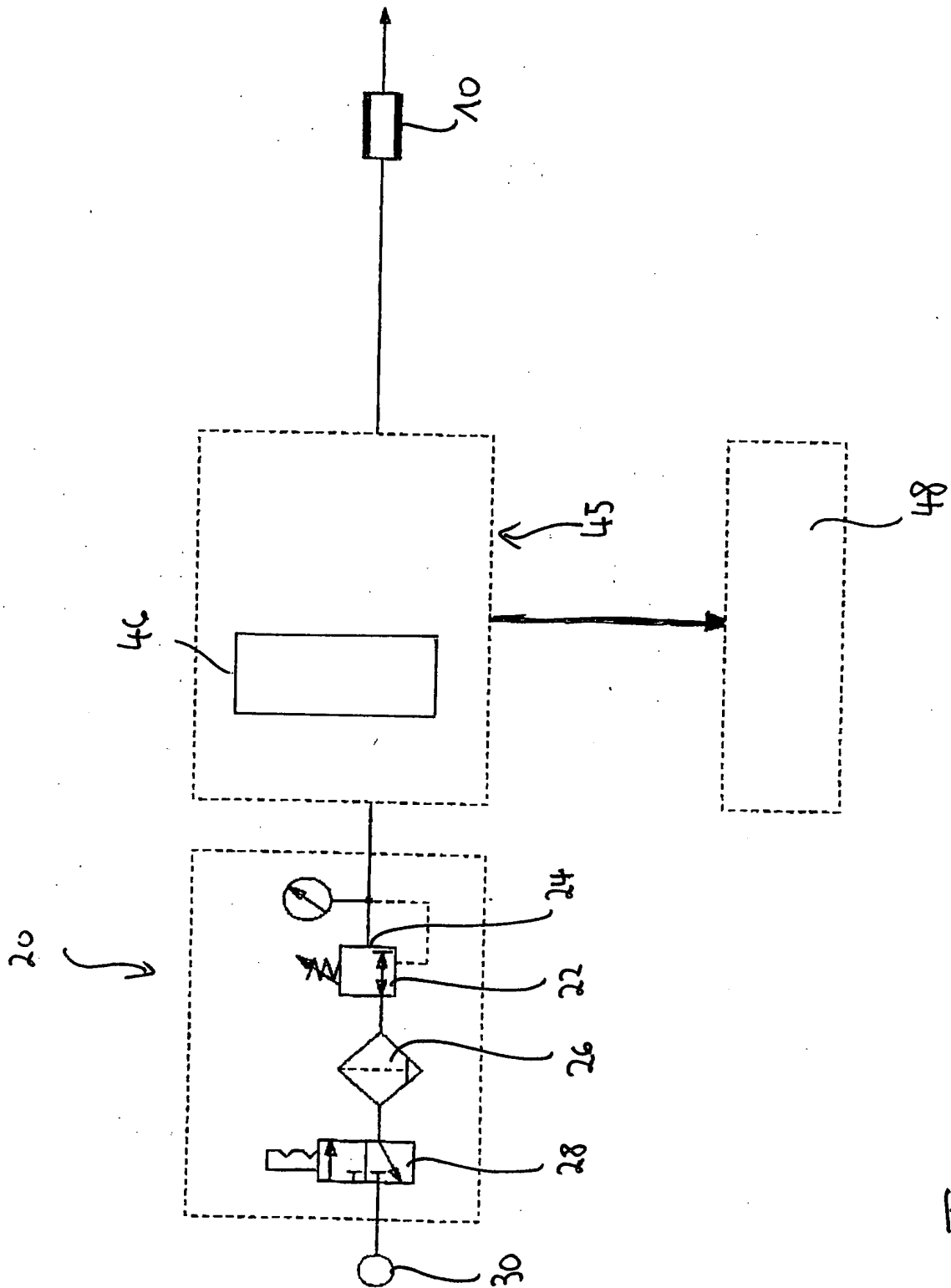


Fig. 1

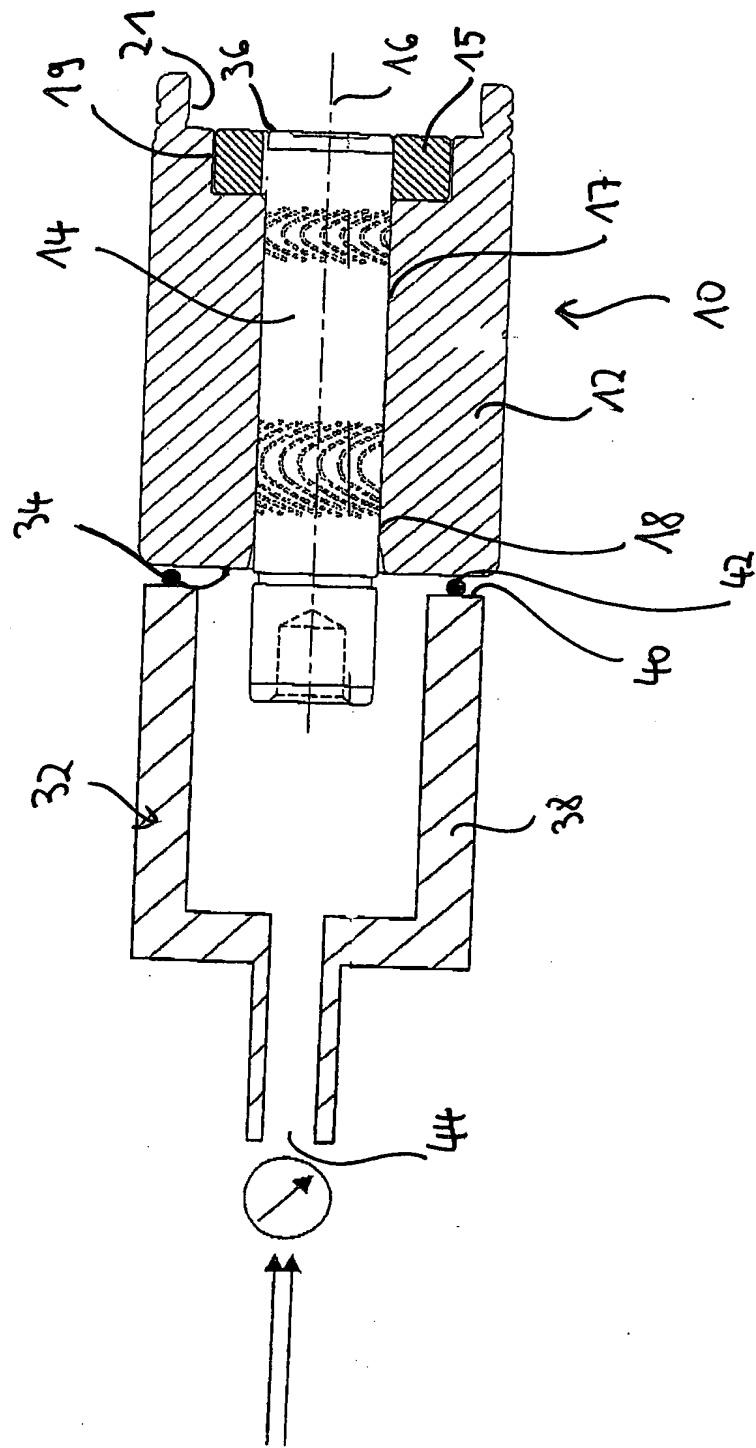


Fig. 2

Fig. 3

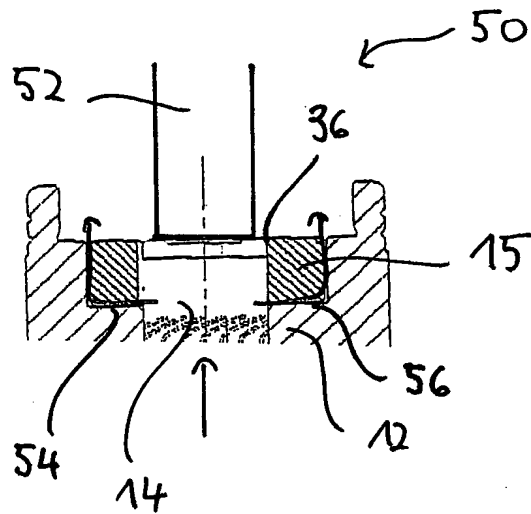


Fig. 4

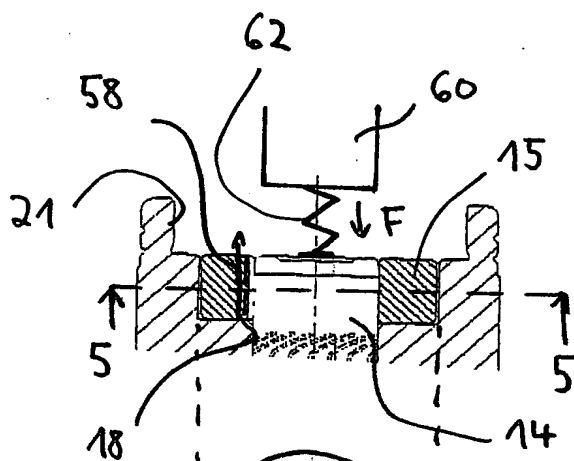


Fig. 5

